

# ENSEÑANZA DEL FENÓMENO CUÁNTICO DE EFECTO TÚNEL

## TEACHING THE QUANTUM PHENOMENON OF TUNNEL EFFECT

José Patiño M.<sup>1,\*</sup>

### RESUMEN

Presentamos el diseño y construcción de un modulo didáctico que sea análogo al microscopio de efecto túnel, como un material de apoyo para la enseñanza de este fenómeno. Partimos de que una de las estrategias para que se logre un efectivo proceso enseñanza y aprendizaje de la física y especialmente en temas de física moderna es la experimentación, sin embargo, cuando se trata de la física cuántica este tipo de estrategia es limitado, ya que usualmente no se poseen los equipos para llevar a cabo estas prácticas, por lo cual es necesario realizar un montaje análogo, que ilustre el fenómeno real y que logre llamar la atención de los estudiantes.

Palabras claves: Enseñanza, Efecto túnel.

### ABSTRACT

We present the design and construction of a didactic module that is analogous to the tunneling microscope, as a support material for the teaching of this phenomenon. We start from one of the strategies for achieving an effective teaching and learning process of physics and especially modern physics subjects is the experimentation; however, when it comes to quantum physics this kind of strategy is limited, since usually schools does not have equipments to carry out these practices, reason why it is necessary to construct a similar experimental setup that illustrates the real phenomenon and that catches students attention.

Keywords: education, Effect tunnel.

---

\* Email: [jopm65@hotmail.com](mailto:jopm65@hotmail.com)

## 1. Introducción

El aprender un concepto cuanto implica un grado de complejidad mayor que si se tratara de otro tema por ejemplo uno de física clásica ya que este tiene mayor probabilidad de llevarse a cabo experimentalmente, siendo percibido por el individuo con mayor facilidad, en cuántica se utilizan mucho las simulaciones en programas que facilitan la visualizar lo que teóricamente sucede, esta es una herramienta que apoya la construcción de conocimiento pero en mi opinión no es tan eficaz como la interacción directa del fenómeno o una analogía pero que se pueda trabajar sobre ello, así ello implique realizar una calibración entre el modulo análogo con el fenómeno real, lo que se pretende es comparar el modulo análogo directamente con el microscopio de efecto túnel y a partir de allí construir unos conceptos bien definidos.

*Para tratar este contenido se proponen los siguientes subtemas.*

- **El microscopio de efecto túnel, como una aplicación cuántica importante.**
- **Construcción de conocimiento a través de comparaciones**
- **La enseñanza del efecto túnel a través de su aplicación, como una propuesta didáctica para enseñar el efecto tunel.**

### **El microscopio de efecto túnel, como una aplicación cuántica importante.**

Es imprescindible hablar de un fenómeno físico sin hablar de su aplicación porque es lo útil de la teoría, sin ello quedaría vacía y no aportaría ninguna solución a las necesidades de desarrollo y evolución tecnológica, es por ello que el microscopio de efecto túnel, el funcionamiento del transistor entre otros fueron aportes importantes por este mismo fenómeno cuántico. Y a su vez permite que se observe en funcionamiento lo que describe la teoría, es por ello que tenemos en el microscopio una herramienta didáctica. El efecto túnel funciona bajo una escala atómica del orden de tres átomos seguidos, y el microscopio funciona a esta escala y bajo el fenómeno que lleva su nombre que consiste en construir un túnel a través del “vacío”, ¿quien construye este túnel?, los electrones que se encuentran alrededor de un átomo de una muestra y que están sometido a una diferencia de potencial, lo describe las ecuaciones de Schrödinger ya que se asocia la posición del electrón alrededor del núcleo como

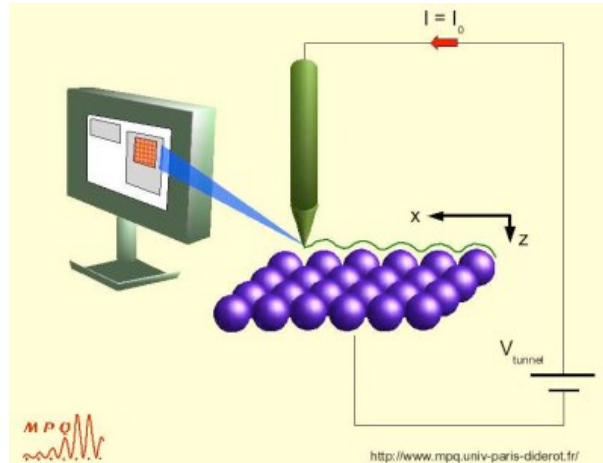
una onda de probabilidad, sin realizar ningún contacto la punta de tacto del microscopio con la muestra estos atraviesan el vacío y se pegan a la punta conductora debido a la diferencia de potencial a la cual están sometido, creando una corriente de tunelamiento, que será medida por un dispositivo electrónico muy bien calibrado, esta corriente depende de los estados cuánticos de la muestra y de la punta, de la distancia entre estas, del potencial aplicado y del coeficiente de transmisión. Si se realiza un barrido con la punta a través de una superficie quebrada y se mantiene constante la distancia respecto a un punto de referencia la corriente de tunelamiento varía según la distancia a la muestra ya que dijimos esta depende de la distancia, con lo cual podremos construir el relieve de la muestra barrida.

### **Construcción de conocimiento a través de comparaciones**

La construcción de conocimiento se realiza de una manera mas completa cuando se interactúa directamente con lo que se quiere aprender, es por esto que es indispensable construir un modulo análogo al microscopio de efecto túnel donde el estudiante pueda realizar medidas, experimentar. Porque de esta forma va a relacionar con el verdadero fenómeno y a sacar sus propias conclusiones. Que no es más que la corriente constructivista. Las comparaciones a tener en cuenta en el momento de las actividades de aula son:

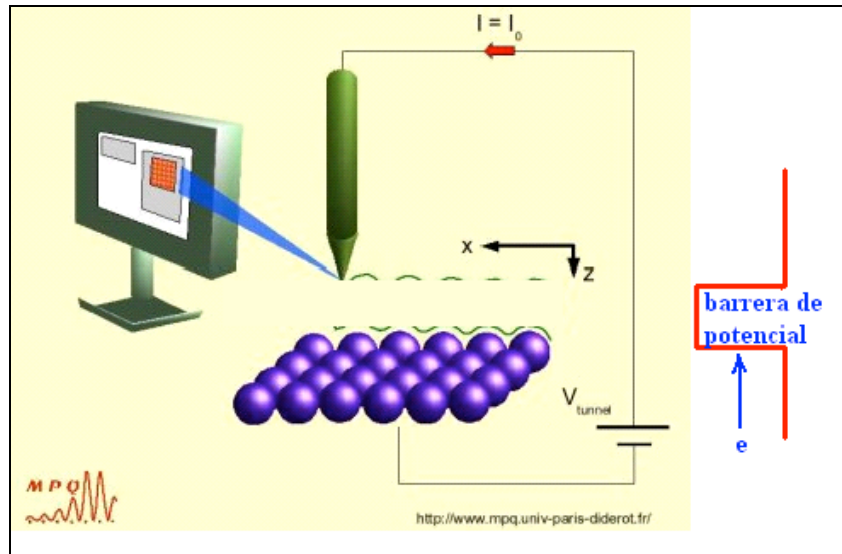
- La barrera de potencial como el espacio entre la punta de tacto y la muestra.
- Muestra y superficie de reflexión.
- Iluminancia y corriente de tunelamiento, relación.
- Distancia a la muestra y distancia a la superficie.

**La enseñanza del efecto túnel a través de su aplicación, como una propuesta didáctica para enseñar el efecto túnel.**



**Figura 01**, ilustración de un microscopio de efecto túnel.

En la figura anterior se ilustra el funcionamiento de un microscopio de efecto túnel, lo que observamos como la punta de tacto del microscopio que es de un material conductor con un filo de solo un átomo en su punta se puede reemplazar en nuestro modulo con un fototransistor que en este caso no va a atrapar electrones si no fotones, luego va a crear una foto corriente, que provocara una corriente de tunelamiento entre el emisor y colector del fototransistor, generando el mismo efecto que se presenta con los electrones que atraviesan el vacío y son medidos por un dispositivo electrónico unido a la punta, otro factor importante es la idealización de la superficie en el caso del modulo, porque la vamos a radiar con luz visible luego tiene que ser una superficie reflectiva, para que la variación de corriente medida sea significativa y poder con una barrida a la misma construirla en un programa de adquisición de datos. En donde si se tiene en una ubicación específicas y variamos la distancia la corriente ira a depender de esta variación, identificando el relieve de la superficie.



**Figura 02, Comparación con la barrera teórica.**

Haciendo que el estudiante observe el movimiento real de la punta y tenga una mayor asociación de lo que sucede realmente a nivel atómico, de cómo se construye esta topografía de la muestra y que es una analogía de una copiadora a nivel atómico que además de darme la imagen del plano  $x, y$  también me informa de la estructura en  $z$ . Asociaciones como la mostrada en la Fig. 2. son las que me van a permitir construir un concepto del fenómeno que no va a sonar tan extraño, ya que si se ve la grafica de la barrera de potencial simplemente uno queda un poco desubicado, porque no entiende eso con que concepto esta relacionado. En cuanto a la transducción de la señal fotoeléctrica en corriente, para realizar la analogía con la corriente de tunelamiento, se entiende como el numero de electrones que atraviesan la barrera a través de un túnel y que alcanzan la punta de contacto, que será menor en cuanto esta este mas alejada de la muestra es decir que la iluminancia sea menor, otro aspecto es la diferencia de potencial el cual va a ser análogo al necesario para que funcione el circuito entre emisor colector del transistor y pueda efectivamente existir una corriente eléctrica. En fin lo que se pretende es que aquellos fenómenos que no estan al alcance experimental busquemos la forma de simularlos por así decirlo de una u otra forma, ya sea a través de un programa o de un modulo, pero que los educandos observen lo que mas se pueda del fenómeno y su entorno.

## **CONCLUSIONES**

A través de las aplicaciones de la teoría se puede enseñar los conceptos de la misma de una manera empírica, logrando un mayor grado de profundización y retentiva por parte de los educandos, en este caso el fenómeno cuántico de efecto túnel se logra exponer en una de sus aplicaciones más útiles, el microscopio que lleva su nombre.

## **REFERENCIAS**

- [1] García C. Mauricio 2003, Introducción A La Física Moderna 173.
- [2] Eisberg R. y Resnick R. 1994, Física Cuántica 240-251.
- [3] Eisberg R. 1983, Fundamentos De Física Moderna 233-240.
- [4] <http://fisicaconordenador.htm>